

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DE 04 2175



REC'D 29 NOV 2004	
WIPO	PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 48 506.6

Anmeldetag: 18. Oktober 2003

Anmelder/Inhaber: MTU Aero Engines GmbH, 80995 München/DE

Bezeichnung: Verbundwerkstoff, Verfahren zur Herstellung eines
Verbundwerkstoffs und Verwendung desselben

IPC: C 22 C 47/20

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. Oktober 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schäfer

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

P036910



1

Verbundwerkstoff, Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes und
Verwendung desselben

5

Die Erfindung betrifft einen Verbundwerkstoff, ein Verfahren zur Herstellung eines
Verbundwerkstoffes und die Verwendung desselben.

Moderne Gasturbinen, insbesondere Flugtriebwerke, müssen höchsten Ansprüchen
10 im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Gewicht, Leistung, Wirtschaftlichkeit und Lebens-
dauer gerecht werden. In den letzten Jahrzehnten wurden insbesondere auf dem
zivilen Sektor Flugtriebwerke entwickelt, die den obigen Anforderungen voll gerecht
werden und ein hohes Maß an technischer Perfektion erreicht haben. Bei der Ent-
wicklung von Flugtriebwerken spielt unter anderem die Werkstoffauswahl sowie die
15 Suche nach neuen, geeigneten Werkstoffen eine entscheidende Rolle.

Die wichtigsten, heutzutage für Flugtriebwerke oder sonstige Gasturbinen verwende-
ten Werkstoffe sind Titanlegierungen, Nickellegierungen (auch Superlegierungen
genannt) und hochfeste Stähle. Die hochfesten Stähle werden insbesondere für
20 Wellenteile und Getriebeteile und für Verdichtergehäuse sowie Turbinengehäuse
verwendet. Titanlegierungen sind typische Werkstoffe für Verdichterteile, Nickelle-
gierungen sind für die heißen Teile des Flugtriebwerks geeignet.

Eine sehr vielversprechende Gruppe eines neuen Werkstoffs für künftige Generatio-
25 nen für Flugtriebwerke sind sogenannte faserverstärkte Verbundwerkstoffe. Moder-
ne Verbundwerkstoffe verfügen über ein Trägermaterial, welches als eine Polymer-,
eine Metall- oder eine Keramikmatrix ausgebildet sein kann, sowie über in das Trä-
germaterial eingebettete Fasern.

30 Die hier vorliegende Erfindung betrifft einen Verbundwerkstoff, bei welchem das Trä-
germaterial als Metallmatrix ausgebildet ist. Einen derartigen Werkstoff bezeichnet
man auch als Metallmatrix-Verbundwerkstoff - kurz MMC genannt. Bei hochfesten
MMC-Werkstoffen, bei denen Titan als Trägermaterial zum Einsatz kommt, kann das

Gewicht von Bauteilen um bis zu 50 % gegenüber herkömmlichen Titanlegierungen reduziert werden. Als Verstärkungen werden Fasern mit hoher Festigkeit und hohem Elastizitätsmodul verwendet.

- 5 Aus dem Stand der Technik sind bereits derartige faserverstärkte Verbundwerkstoffe bekannt. So offenbart die EP 0 490 629 B1 einen Vorformling für einen Verbundwerkstoff mit einer Folie, wobei die Folie eine Rille und eine in der Rille angeordnete, fadenförmige Verstärkung aufweist, und wobei der Vorformling die Form eines Rings oder einer Scheibe besitzt. Zur Herstellung einer mehrschichtigen Verbundstruktur
- 10 wird gemäß der EP 0 490 629 B1 so vorgegangen, dass mehrere derartige Vorformlinge überlagert werden, wobei die Vorformlinge unter Hitze und Druck zu einem völlig dichten Verbundwerkstoff verfestigt werden. Weitere Verbundwerkstoffe und Verfahren zur Herstellung derselben sind aus der EP 0 909 826 B1, der US 4,697,324 und der US 4,900,599 bekannt.
- 15 Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, einen neuartigen Verbundwerkstoff und ein neuartiges Verfahren zur Herstellung von Verbundwerkstoffen zu schaffen.
- 20 Dieses Problem wird durch einen Verbundwerkstoff mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Der Verbundwerkstoff verfügt über ein Trägermaterial und mindestens eine in das Trägermaterial eingebettete Faser. Erfindungsgemäß liegt in einem inneren Abschnitt ein Verbund aus Trägermaterial und Fasern vor, wohingegen in einem äußeren Abschnitt das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, wobei die
- 25 Fasern in den äußeren Abschnitt, in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, zur festigkeitsoptimierenden Verzahnung von innerem Abschnitt und äußerem Abschnitt unterschiedlich weit hineinragen.
- Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung enden die Fasern benachbart zu einer innenliegenden Öffnung mit gleichem Abstand zur Öffnung, benachbart zum äußeren Abschnitt hingegen, in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, ist dieser Abstand unterschiedlich ausgebildet.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen eines Verbundwerkstoffs ist im unabhängigen Patentanspruch 6 definiert. Das Verfahren dient der Herstellung eines Verbundwerkstoffs aus einem Trägermaterial und aus mindestens einer in das Trägermaterial eingebetteten Faser.

5

Vorzugsweise wird eine Ausnehmung in die Scheibe eingebracht, deren Tiefe größer als der Durchmesser der Faser ist, derart, dass bei einer in die Ausnehmung eingelegten Faser Stege aus Trägermaterial über die Faser vorstehen.

- 10 Nach einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die oder jede Faser derart in die oder jede Ausnehmung der entsprechenden Scheibe eingelegt, dass in einem inneren Abschnitt ein Verbund aus Trägermaterial und Faser vorliegt, wohingegen in einem äußeren Abschnitt das Trägermaterial ausschließlich vorliegt. Die Scheiben werden derart gestapelt, dass die Fasern der gestapelten
- 15 Scheiben in einen äußeren Abschnitt, in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, zur festigkeitsoptimierenden Verzahnung von innerem Abschnitt und äußerem Abschnitt unterschiedlich weit hineinragen.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unter-
20 ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

- 25 Fig. 1: eine Scheibe aus Trägermaterial in schematisiertem Querschnitt;
- Fig. 2: einen stark vergrößerten Ausschnitt aus der Scheibe gemäß Fig. 1 mit einer in die Scheibe eingebrachten Ausnehmung;
- 30 Fig. 3: die Anordnung gemäß Fig. 1 mit einer in der Ausnehmung eingelegten Faser;

Fig. 4: eine Schiebe aus Trägermaterial mit einer eingebetteten Faser in schematisiertem Querschnitt;

Fig. 5: das Detail V der Fig. 4;

5

Fig. 6: mehrere übereinander angeordnete Scheiben aus Trägermaterial mit eingebetteten Fasern in schematisiertem Querschnitt,

Fig. 7: einen Ausschnitt aus der Anordnung gemäß Fig. 6; und

10

Fig. 8: einen erfindungsgemäßen Verbundwerkstoff in schematisiertem Querschnitt.

Unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis 8 werden nachfolgend die Details des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffs sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung des Verbundwerkstoffs im größeren Detail beschrieben.

Der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff verfügt über ein Trägermaterial aus Titan oder einer Titanlegierung sowie über mehrere in das Trägermaterial eingebettete Fasern. Bei den Fasern handelt es sich vorzugsweise um Keramikfasern aus Silizium-Carbonat. Der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff wird aus mehreren Scheiben aus Trägermaterial gebildet, wobei in jeder Scheibe eine Faser eingebettet ist. Mehrere solcher Scheiben mit einer darin eingebetteten Faser sind zur Bildung des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffs übereinander gestapelt und miteinander verbunden. Zur Einbettung der Faser in die jeweilige Scheibe aus Trägermaterial ist in die Scheibe eine Ausnehmung eingebracht. In die Ausnehmung ist die entsprechende Faser eingelegt und allseitig von Trägermaterial umgeben, so dass die Faser in die Scheibe eingebettet ist.

30 Fig. 1 zeigt eine Scheibe 10 aus Trägermaterial, nämlich aus Titan, in stark schematisiertem Querschnitt. In einem mittleren Bereich verfügt die Scheibe 10 über eine Bohrung 11.

Zur Herstellung des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffs wird nach einem ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens in eine Stirnseite 12 der Scheibe 10 eine Ausnehmung eingebracht. Fig. 2 zeigt ein stark vergrößertes Detail der Scheibe 10 im Bereich der Stirnseite 12. Bei der Ausnehmung 13, die in die Stirnseite 12 der Scheibe 10 eingebracht wird, handelt es sich um eine spiralförmige Nut. Die spiralförmige Nut erstreckt sich demnach ausschließlich auf einer Stirnseite 12 der Scheibe 10 von innen nach außen.

Nachdem die spiralförmige Ausnehmung 13 in die Oberseite 12 der Scheibe 10 eingebracht worden ist, wird eine Faser 14 in die spiralförmige Ausnehmung 13 eingelegt. Fig. 3 kann entnommen werden, dass Stege 15 aus Trägermaterial bei eingelegter Faser 14 über der Faser 14 vorstehen. Die Tiefe der spiralförmigen Ausnehmung 13 ist demnach größer als der Durchmesser der Faser 14.

Durch die Ausnehmung 13 wird eine exakte Führung für die Faser 14 bereitgestellt. Die Position der Faser 14 innerhalb der Scheibe 10 bzw. innerhalb des Trägermaterials wird hierdurch exakt vorgegeben.

In einem weiteren Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Anordnung gemäß Fig. 3 einem superplastischen Umformprozess unterzogen. Hierzu wird die Scheibe 10 bzw. das Trägermaterial auf eine Umformtemperatur erhitzt und durch uniaxiales Pressen werden die Stege 15 derart superplastisch umgeformt, dass anschließend die Faser 14 im Sinne der Fig. 5 allseitig von Trägermaterial umgeben ist und somit die Faser 14 in das Trägermaterial eingebettet ist. Fig. 5 kann entnommen werden, dass die Position der Faser 14 auch nach dem superplastischen Umformen der Stege 15 erhalten bleibt. Beim superplastischen Umformen wird das Trägermaterial verdichtet.

Fig. 4 zeigt eine Scheibe 10 aus Trägermaterial mit der in der Scheibe 10 eingebetteten Faser 14 in stark schematisiertem Querschnitt. Die Faser 14 ist allseitig von Trägermaterial umgeben und demnach in das Trägermaterial eingebettet.

Zur Herstellung des eigentlichen Verbundwerkstoffs werden in einem nächsten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens im Sinne der Fig. 6 mehrere Scheiben 10 mit in den Scheiben 10 eingebetteten Fasern 14 übereinander angeordnet und auf diese Art und Weise ringförmig bzw. zylinderförmig gestapelt. Die übereinander angeordneten sowie gestapelten Scheiben 10 werden dann durch Diffusionsschweißen unter geringem axialen Druck gefügt bzw. miteinander verbunden. Hierdurch wird 5 letztendlich der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff bereitgestellt.

Vor der Stapelung der Scheiben 10 im Sinne der Fig. 6 erfolgt vorzugsweise eine 10 Prüfung der Scheiben 10 mit den in den Scheiben 10 eingebetteten Fasern 14 auf Risse im Trägermaterial sowie auf Brüche in den Fasern 14. Diese Überprüfung kann mit Ultraschall, Röntgen oder Tomographie erfolgen. Wird ein derartiger Riss bzw. Bruch festgestellt, so wird die Scheibe 10 verworfen. Wird bei der Überprüfung festgestellt, dass kein Riss und kein Bruch in der Faser 14 vorliegt, so kann die Scheibe 15 10 zur Stapelung verwendet werden.

Fig. 7 zeigt einen Ausschnitt aus der Anordnung gemäß Fig. 6 im Bereich von drei übereinander angeordneten und miteinander verbundenen Scheiben 10. So kann Fig. 20 7 entnommen werden, dass die in einer Scheibe 10 eingebettete Faser 14 versetzt zu den Fasern 14 der beiden benachbarten Scheiben 10 verläuft. Hierdurch kann eine hexagonale Packung der Fasern 14 erzielt werden. Wie Fig. 7 entnommen werden kann, verläuft eine Faser 14 derart spiralförmig innerhalb einer Scheibe 10, dass im Querschnitt die sich hierbei ergebenden Mittelpunkte der Faser 14 einer Scheibe 10 zwischen den entsprechenden Mittelpunkten der Faser 14 einer benachbarten 25 Scheibe 10 angeordnet sind.

Fig. 6 kann entnommen werden, dass jede Faser 14 innerhalb jeder Scheibe 10 mit einem Abstand zu einem äußeren, seitlichen Ende der jeweiligen Scheibe endet. Gemäß Fig. 6 ist dieser Abstand für jede Scheibe unterschiedlich. Benachbart zur innerliegenden Öffnung 11 ist hingegen der seitliche Abstand der Fasern 14 zur Öffnung 11 gleich ausgebildet. Durch die unterschiedlichen seitlichen Abstände zwischen den Fasern 14 und dem äußeren, seitlichen Ende der Scheiben 10 lassen sich 30 graduelle Änderungen in den elastischen Eigenschaften des Verbundwerkstoffs er-

zielen. Weiterhin wird einer Verzahnung zwischen den unverstärkten und faserverstärkten Bereichen des Verbundwerkstoffs erzielt, was die Festigkeitseigenschaften positiv beeinflusst.

- 5 Fig. 8 zeigt einen stark schematisierten Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Verbundwerkstoff. Dieser wurde, wie oben beschrieben, hergestellt. Gemäß Fig. 8 sind in einem innenliegenden Abschnitt 16 des Verbundwerkstoffs die Fasern 14 in das Trägermaterial eingebettet. In einem außenliegenden Abschnitt 17 hingegen liegt das Trägermaterial ausschließlich vor. Dies bedeutet, dass im außenliegenden Abschnitt 17 lediglich Titan vorliegt. Dies ist dann von Vorteil, wenn der Verbundwerkstoff einer weiteren Bearbeitung, zum Beispiel durch Fräsen, unterzogen werden soll.
- 10 Beim Fräsen dürfen nämlich die Fasern 14 nicht beschädigt werden. Eine spätere Fräsbearbeitung des Verbundwerkstoffs kommt demnach ausschließlich im Bereich des Abschnitts 17 in Betracht, in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt.
- 15 Weiterhin kann Fig. 8 nochmals das Detail entnommen werden, dass die Fasern 14 benachbart zur innenliegenden Öffnung mit gleichem Abstand zur Öffnung enden, am äußeren Ende hingegen, benachbart zum Abschnitt 17, in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, dieser Abstand unterschiedlich ausgebildet ist. Die radiale Abstufung der Fasern 14 im Abschnitt 16 relativ zum Abschnitt 17 bewirkt eine festigkeitsoptimierende Verzahnung der beiden Abschnitte 16 und 17.
- 20

Nach dem oben beschriebenen, erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffs wird demnach in groben Zügen, wie folgt, vorgegangen:

- 25 In einem ersten Schritt werden mehrere Scheiben aus Trägermaterial, nämlich Titan, auf einer Stirnseite derselben mit einer spiralförmigen Ausnehmung versehen. In einem zweiten Schritt wird in diese spiralförmige Ausnehmung eine Faser aus Silizium-Carbonat eingelegt. Darauffolgend wird in einem dritten Schritt die Scheibe mit der in die Scheibe eingelegten Faser durch superplastisches Umformen konsolidiert.
- 30 Darauffolgend ist die Faser allseitig von Trägermaterial umgeben bzw. in das Trägermaterial eingebettet. In einem nächsten Schritt erfolgt eine Überprüfung der so hergestellten Scheiben mit in den Scheiben eingebetteten Fasern auf Risse im Träger-

material sowie Brüche in den Fasern. Ergibt diese Prüfung, dass weder ein Riss noch ein Faserbruch vorliegt, so werden die entsprechenden Scheiben zu Ringen gestapelt. Die Stapelung aus mehreren Ringen wird sodann in einem weiteren Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens einem Diffusionsschweißen unterzogen, so dass benachbarte Scheiben miteinander verbunden werden. Nach Vollendung dieses Fügeschritts kann in einem weiteren Schritt eine Endbearbeitung des Verbundwerkstoffs, zum Beispiel durch Fräsen, erfolgen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist zuverlässig und kostengünstig. Beim erfindungsgemäßen Verfahren handelt es sich um einen vollautomatisierbaren Prozess mit integrierter Überprüfung und damit Qualitätssicherung. Da jede Scheibe hinsichtlich ihrer Qualität überprüft werden kann, können Fehler im Verbundwerkstoff rechtzeitig erkannt und damit vermieden werden. Ausschuss wird damit reduziert. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, dass eine exakte Lage der Fasern in dem Verbundwerkstoff vorgegeben und eingehalten wird. Neben der bevorzugten spiralförmigen Anordnung der Fasern im Verbundwerkstoff sind auch komplexere Faserführungen, zum Beispiel sternförmige Faserführungen, möglich. Bei der Erfindung kann auf eine Titanbeschichtung der Fasern, wie diese nach dem Stand der Technik erforderlich ist, verzichtet werden. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass keine extrem langen Fasern verwendet werden müssen. Durch die Führung der Fasern in Ausnahmungen können Faser endlicher Länge eingesetzt werden.

Der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff zeichnet sich demnach durch eine exakte Lage der Fasern innerhalb des Trägermaterials aus. Der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff ist durch mehrere zusammengefügte Scheiben aus Trägermaterial gebildet, wobei innerhalb jeder Scheibe eine spiralförmig verlaufende Faser eingebettet ist. Die Fasern enden mit Abstand zu einem seitlichen, äußeren Ende des Verbundwerkstoffs, so dass in einem äußeren Bereich desselben das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, wobei in diesem Bereich eine spätere Fräsbearbeitung des Verbundwerkstoffs erfolgen kann.

Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass in eine Ausnehmung auch mehrere Fasern eingebettet sein können, und dass in eine Scheibe auch mehrere, ineinander

verschachtelte Ausnehmungen eingebracht sein können, wobei jede dieser Ausnehmungen wiederum eine oder mehrere Fasern aufnehmen kann. Das gezeigte Ausführungsbeispiel, bei welchem jede Scheibe eine Ausnehmung zur Aufnahme einer Faser aufweist, ist jedoch bevorzugt.

5

Der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff eignet sich insbesondere zur Verwendung als Werkstoff bei der Herstellung von Ringen mit integraler Beschaufelung für Flugzeugtriebwerke, die auch als sogenannte Bladed Rings (Blings) bezeichnet werden.

Bezugszeichenliste

- 10 Scheibe
- 5 11 Bohrung
- 12 Stirnseite
- 13 Ausnehmung
- 14 Faser
- 15 Steg
- 10 16 Abschnitt
- 17 Abschnitt

Patentansprüche

1. Verbundwerkstoff aus mehreren zusammengefügten Scheiben (10) aus Trägermaterial, wobei vorzugsweise in jede Scheibe (10) mindestens eine Ausnehmung (13) zur Aufnahme mindestens einer Faser (14) eingebracht ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem inneren Abschnitt (16) ein Verbund aus Trägermaterial und Faser (14) vorliegt, wohingegen in einem äußeren Abschnitt (17) das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, und dass die Fasern (14) in den äußeren Abschnitt (17), in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, zur festigkeitsoptimierenden Verzahnung von innerem Abschnitt (16) und äußerem Abschnitt (17) unterschiedlich weit hineinragen.
2. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fasern (14) benachbart zu einer innenliegenden Öffnung (11) mit gleichem Abstand zur Öffnung (11) enden, benachbart zum äußeren Abschnitt (17) hin gegen, in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, dieser Abstand unterschiedlich ausgebildet ist.
3. Verbundwerkstoff nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oder jede Ausnehmung (13) spiralförmig ausgebildet ist, derart, dass die oder jede Faser (14) innerhalb des Trägermaterials spiralförmig verläuft.
4. Verbundwerkstoff nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand, mit welchem die oder jede Ausnehmung (13) zu dem äußeren Ende der jeweiligen Scheibe (10) endet, für jede Scheibe individuell angepasst ist.
5. Verbundwerkstoff nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägermaterial aus Titan oder einer Titanlegierung besteht, und dass die Fasern als Silizium-Carbonat (SiC)-Fasern ausgebildet sind.

6. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffs aus mehreren zusammengefügten Scheiben (10) aus Trägermaterial, wobei vorzugsweise in jede Scheibe (10) mindestens eine Ausnehmung (13) zur Aufnahme mindestens einer Faser (14) eingebracht ist, mit folgenden Schritten:
- 5 a) Bereitstellen mehrerer Scheiben (10) aus Trägermaterial,
b) Einbringen mindestens einer Ausnehmung (13) in vorzugsweise jede Scheibe (10) und darauffolgendes Einlegen mindestens einer Faser (14) in die oder jede Ausnehmung (13) der entsprechenden Scheibe (10),
c) Konsolidieren der entsprechenden Scheibe (10), derart, dass die oder 10 jede Faser (14) allseitig von Trägermaterial umgeben bzw. in das Trägermaterial der entsprechenden Scheibe (10) eingebettet ist,
d) Stapeln von konsolidierten Scheiben (10),
e) Verbinden der gestapelten Scheiben (10) durch einen Fügeschritt.
- 15 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zusammenhang mit Schritt b) die oder jede Faser (14) derart in die oder jede Ausnehmung (13) der entsprechenden Scheibe (10) eingelegt wird, dass in einem inneren Abschnitt (16) ein Verbund aus Trägermaterial und Faser (14) vorliegt, wohingegen in einem äußeren Abschnitt (17) das Trägermaterial ausschließlich vorliegt.
- 20 8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zusammenhang mit Schritt b) eine Ausnehmung (13) in die Scheibe (10) eingebracht wird, deren Tiefe größer als der Durchmesser der Faser (14) ist, derart, dass bei in die Ausnehmung (13) eingelegter Faser (14) Stege (15) aus Trägermaterial über die Faser (14) vorstehen.
- 25 9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zusammenhang mit Schritt c) das Trägermaterial mit oder jeder darin eingelegten Faser (14) einem superplastischen Umformen unterzogen wird, derart, dass die oder jede Faser (14) allseitig von Trägermaterial umgeben wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zusammenhang mit Schritt d) die Scheiben (10) aus Trägermaterial mit mindestens einer darin eingebetteten Faser (14) übereinander angeordnet werden, insbesondere zu einem Ring bzw. Hohlzylinder gestapelt werden.
5
11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zusammenhang mit Schritt d) die Scheiben (10) derart gestapelt werden, dass die Fasern (14) der gestapelten Scheiben (10) in einen äußeren Abschnitt (17), in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, zur festigkeitsoptimierenden Verzahnung von innerem Abschnitt (16) und äußerem Abschnitt (17) unterschiedlich weit hineinragen.
10
12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zusammenhang mit Schritt e) die gestapelten Scheiben (10) durch Diffusionsschweißen zusammengefügt werden.
15
13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Scheiben (10) aus Trägermaterial mit mindestens einer darin eingebetteten Fasern (14) vor der Verbindung derselben mit anderen Scheiben auf Brüche in der oder jeder Faser und/oder auf Risse im Trägermaterial überprüft werden, und dass bei Feststellung eines Risses oder Bruchs die Scheibe verworfen wird.
20
- 25 14. Verwendung eines Verbundwerkstoffs nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, zur Herstellung von rotationssymmetrischen, ringförmigen oder schaufelförmigen Bauteilen mit integraler Beschauflung, d.h. von sogenannten Blades Rings (Blings) oder Balded Disks (Blisks).

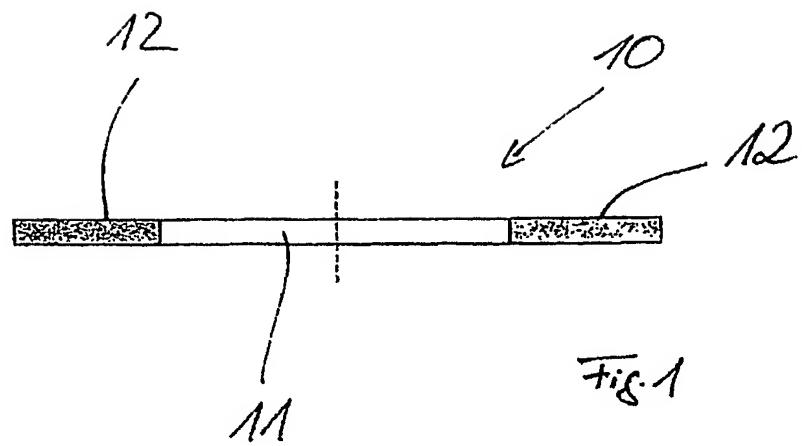
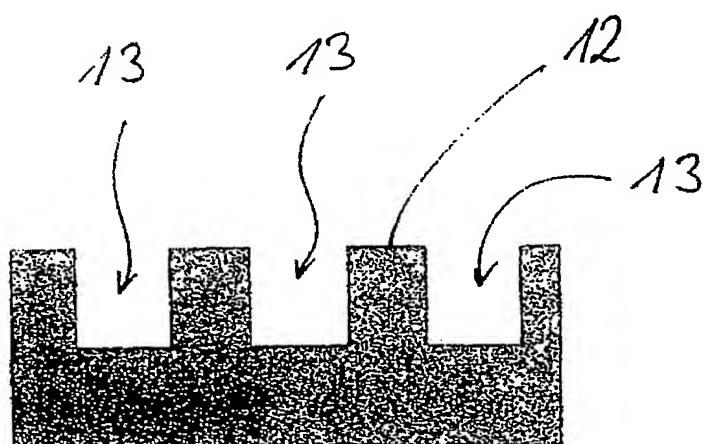
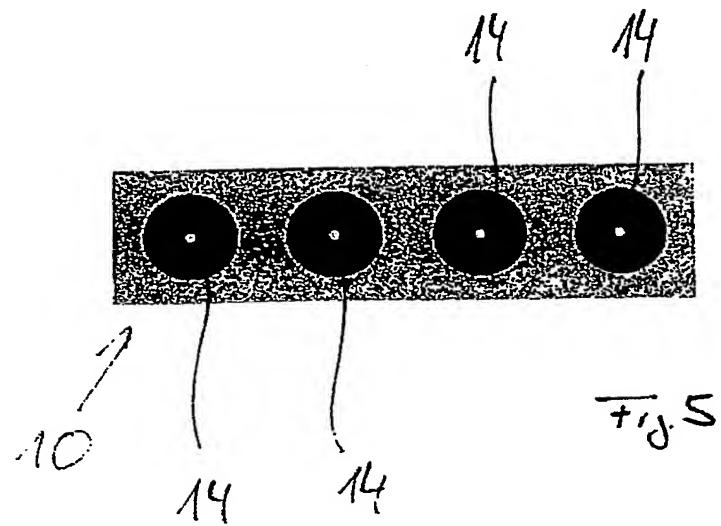
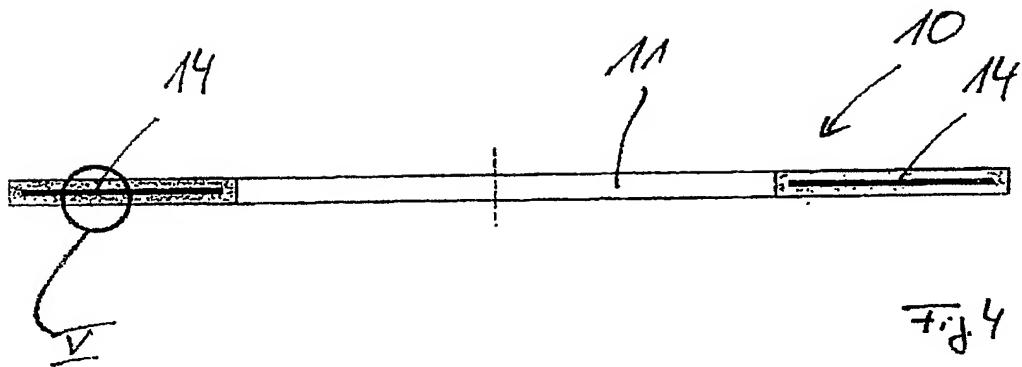
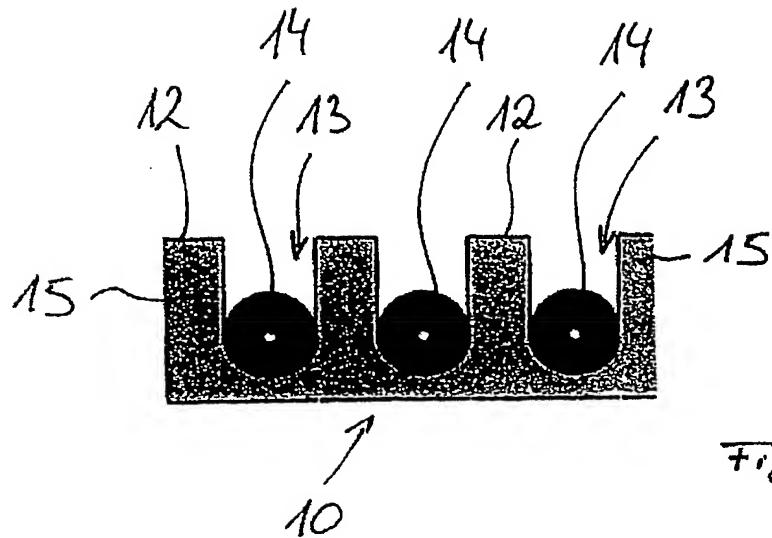


Fig. 1



1
10

Fig. 2



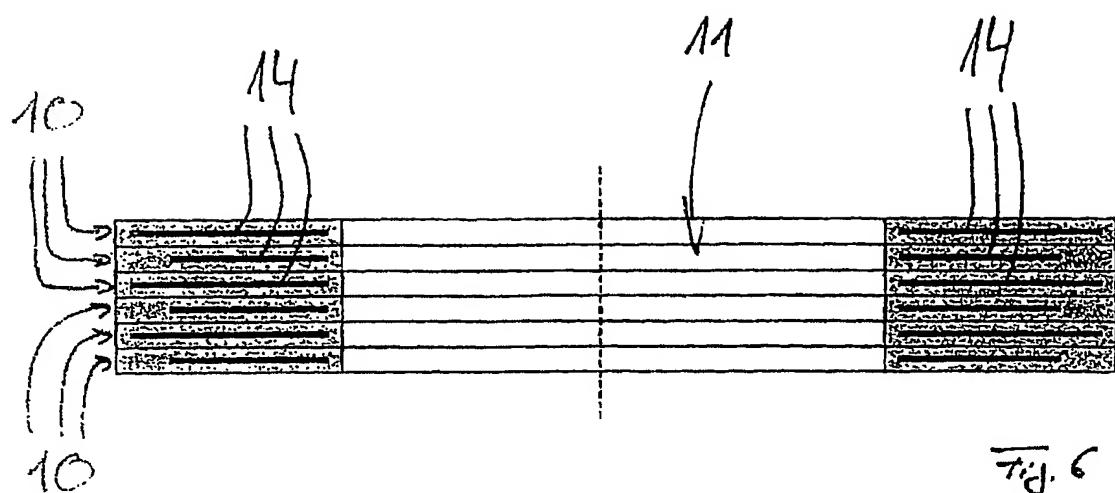


Fig. 6

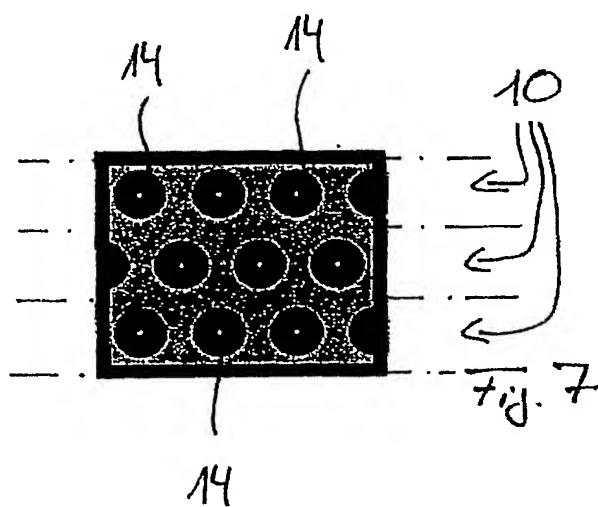


Fig. 7

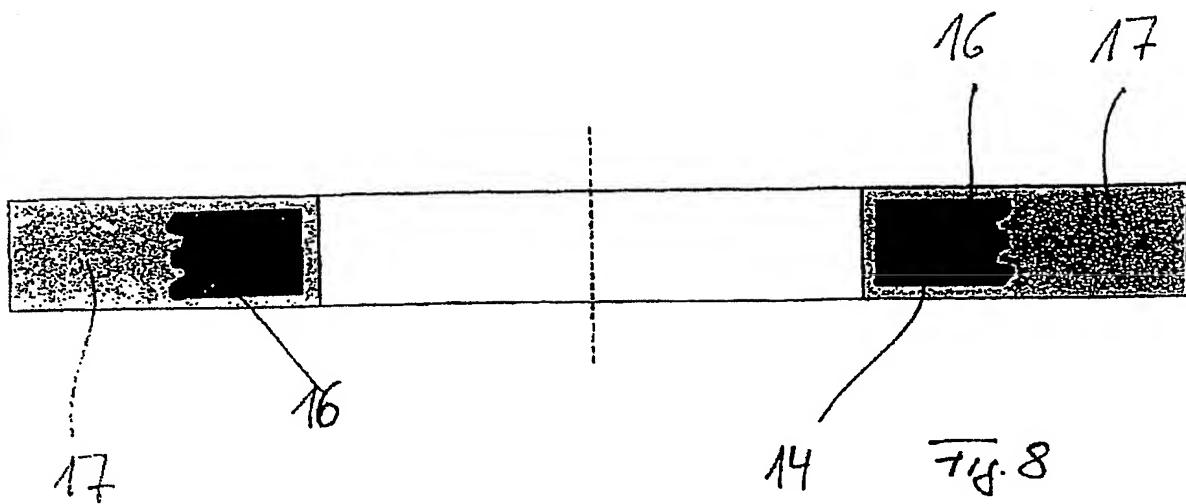


Fig. 8

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Verbundwerkstoff.

- 5 Verbundwerkstoff ist aus mehreren zusammengefügten Scheiben aus Trägermaterial gebildet, wobei vorzugsweise in jede Scheibe mindestens eine Ausnehmung zur Aufnahme mindestens einer Faser (14) eingebracht ist.

Erfindungsgemäß liegt in einem inneren Abschnitt (16) ein Verbund aus Trägermaterial und Faser (14) vor, wohingegen in einem äußeren Abschnitt (17) das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, wobei die Fasern (14) in den äußeren Abschnitt (17), in welchem das Trägermaterial ausschließlich vorliegt, zur festigkeitsoptimierenden Verzahnung von innerem Abschnitt (16) und äußerem Abschnitt (17) unterschiedlich weit hineinragen.

15

(Fig. 8)

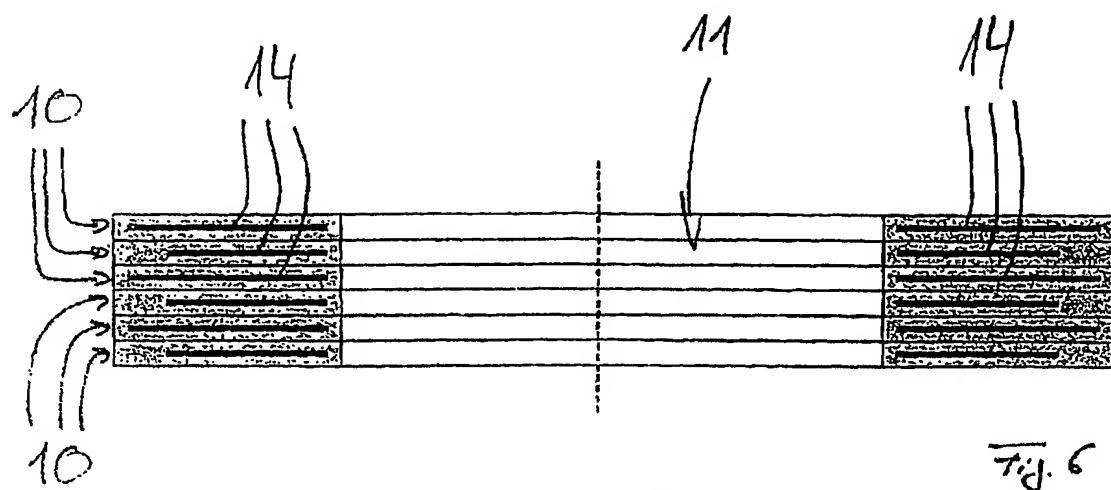


Fig. 6

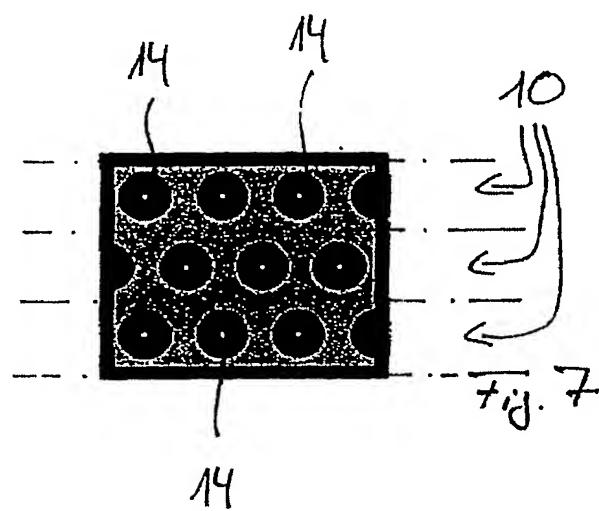


Fig. 7

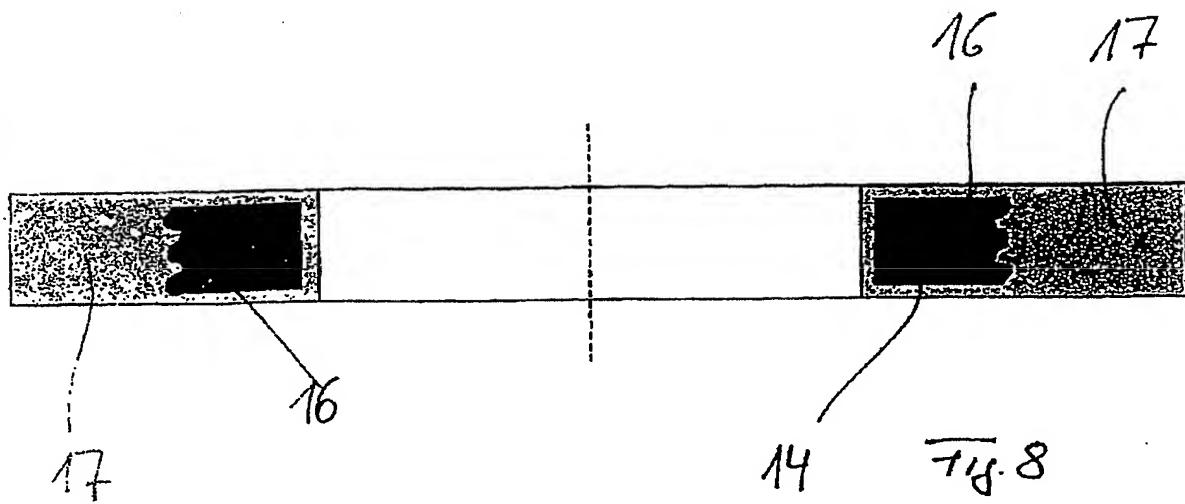


Fig. 8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.